

98/207



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 46 639 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 H 47/00

⑳ Aktenzeichen: 198 46 639.0  
㉔ Anmeldetag: 9. 10. 1998  
㉓ Offenlegungstag: 27. 4. 2000

DE 198 46 639 A 1

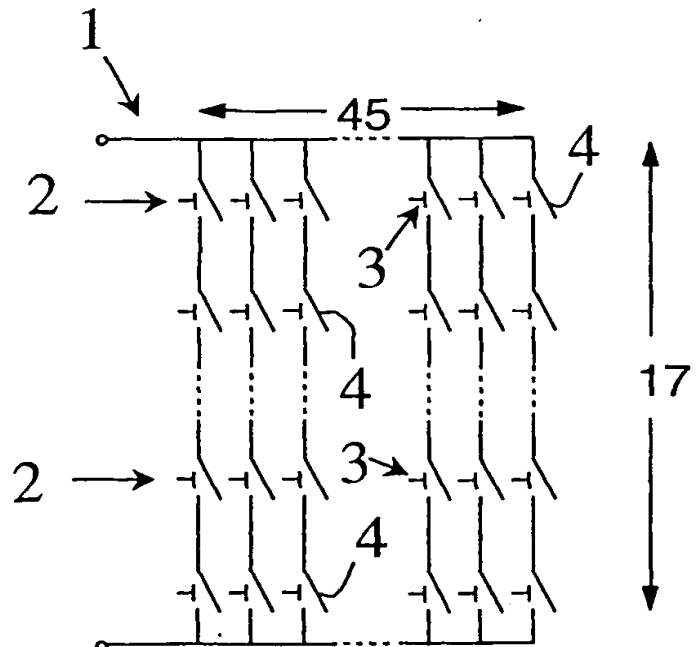
- ⑦ Anmelder:  
ABB Research Ltd., Zürich, CH
- ⑦A Vertreter:  
Lück, G., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 79761  
Waldshut-Tiengen
- ⑦Z Erfinder:  
Strümpfer, Ralf, Dr., Gebenstorf, CH
- ⑤E Entgegenhaltungen:  
STEPHANSON, P. u.a.: New electromagnetic con-  
tactor with wide control voltage range. In: ABB  
Review, 1/1997, S.29-32;  
SCHAAK, H.F.: Silicon-Microrelay with Electro-  
static Moving Wedge Actuator-New Function: and  
Miniaturisation by Micromechanics. In: Proc.  
Micro System Technology 96, 1996, S.463-468;  
ALLEN, R.: Simplified Process is Used to Make  
Micromachined FET-Like Four-Terminal Micro-

switches and Microrelays. In: Electronic Design,  
8. Juli, 1996, S.31/32;  
PETERSEN, K.E.: Micromechanical Membrane  
Switches on Silicon. In: IBM J. Res. Develop,  
Bd.23, Nr.4, Juli 1979, S.376-385;  
BLANCHARD, H. (u.a.): Cylindrical Hall Device.  
In: Proceedings IEDM 96, S.541-544;  
STÖCKLE, Heinrich: Bemessen von Relaischaltun-  
gen. Stuttgart-Botnang: Frech, 1971, S.39/40;  
HOSAKA, H. (u.a.): Electromagnetic microrelays:  
concepts and fundamental characteristics.  
In: Sensors and Actuators A, 40, 1994,  
S.41-47;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤A Neue elektrische Schalteinrichtung
- ⑤7 Die Erfindung betrifft eine neue elektrische Schaltein-  
richtung, die aus einem Schaltfeld 1 mit seriell und paral-  
lel geschalteten Mikrorelaiszellen 3 besteht.



DE 198 46 639 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Schalteinrichtung zum Ein- und Ausschalten eines elektrischen Stromes.

Dabei zielt die Erfindung insbesondere auf Anwendungen im Bereich der Haushaltsstromversorgung, der Stromversorgung von mittleren Elektromotoren, im Bereich der Gebäudetechnik, bei Lichtanlagen sowie bei elektrischen Anlagen in Schienenfahrzeugen, Schiffen und dgl. Diese Anwendungsbereiche haben typischerweise abzuschaltende Spannungen im Bereich von 100 V bis 1 kV bei typischen abzuschaltenden Lastströmen im Bereich von 1 A bis 75 A, ohne daß diese Zahlenangaben einschränkend zu verstehen sind.

Dabei zielt die Erfindung vor allem auf Schalteinrichtungen, die zum Ein- und Ausschalten von Strömen im regulären Betrieb der elektrischen Einrichtung eingesetzt werden aber auch zum Abschalten von Überströmen eingesetzt werden können. Hierzu sind im Stand der Technik bislang im wesentlichen elektromagnetische Schütze verwendet worden. Dabei handelt es sich um elektromagnetisch betätigte Schalter, bei denen ein bewegliches Kontaktstück durch die Wechselwirkung eines Elektromagneten mit einem beweglichen Teil seines Kerns betätigt wird. Diese konventionellen Schalteinrichtungen sollen hier nicht in weiteren Einzelheiten beschrieben werden. Statt dessen wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen, z. B. auf "New Electromagnetic Contactor with Wide Control Voltage Range" von P. Stephansson, H. Vefling, G. Johansson, Cl. Henrion in ABB Review 1/1997, Seite 29 ff.

Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, eine neue Schalteinrichtung mit flexiblen Einsatzmöglichkeiten bei guter Spannungs- und Strombelastbarkeit zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird dieses Problem gelöst durch eine elektrische Schalteinrichtung mit einer als spannungsteilende Serienschaltung wirkenden Stufenschaltung von in jeder Stufe stromteilend wirkenden Parallelschaltungen von Mikrorelaiszellen.

Eine solche elektrische Schalteinrichtung weist gewissermaßen ein Feld von einzelnen Schaltzellen auf, wobei jede Schaltzelle einem Mikrorelais entspricht. Ein Mikrorelais als solches ist Stand der Technik und ist ein elektrisch betätigter Miniaturschalter. Im Gegensatz zu einem Transistor ist ein Mikrorelais jedoch ein mechanischer Schalter mit zumindest einem beweglichen Kontaktstück. Die mechanische Bewegung dieses Kontaktstücks wird dabei durch ein elektrisches Signal hervorgerufen, wie weiter unten im einzelnen ausgeführt. Zur Herstellung solcher Mikrorelais können die bekannten Mikrotechnologien verwendet werden.

Die erfindungsgemäße Schalteinrichtung weist dabei ein Schaltfeld aus einzelnen Schalterzellen auf, wobei jede Schalterzelle ein Mikrorelaisschalter ist. Dieses Schaltfeld zeichnet sich dadurch aus, daß die Zahl der Mikrorelaiszellen des Schaltfeldes insgesamt zu einer Vervielfachung der Strombelastbarkeit und der Spannungsbelastbarkeit der einzelnen Mikrorelaiszelle führt. Daher ist das Schaltfeld eine Stufenschaltung mit einer Spannungsteilerfunktion, die die Spannungsbelastbarkeit der einzelnen Stufen zu einer vielfach höheren Gesamtspannungsbelastbarkeit aufaddiert. Darüber hinaus besteht jede Stufe aus einer Parallelschaltung von Mikrorelaiszellen, die jeweils den durch alle Stufen fließenden Gesamtstrom der elektrischen Schalteinrichtung in jeder Stufe auf eine Vielzahl von Mikrorelaiszellen aufteilt.

Dabei ist nicht festgelegt, in welcher Weise die einzelnen Stufen in der Schalteinrichtung miteinander elektrisch verbunden sind. Beispielsweise kann jede Mikrorelaiszelle einer Stufe mit jeweils einer Mikrorelaiszelle der nächsten

und der vorhergehenden Stufe verbunden sein, es können jedoch auch mehrere oder alle Mikrorelaiszellen in einer Stufe vor dem Anschluß an die nächste Stufe elektrisch zusammengeführt sein. Wesentlich für die Erfindung ist nur die Stromteilerwirkung innerhalb jeder Stufe und die Spannungsteilerwirkung der Gesamtstufenschaltung.

Diese überraschend einfache und dennoch im bisherigen Stand der Technik nach Kenntnis der Anmelderin nicht vorgeschlagene Schalteinrichtung bietet eine Reihe von wesentlichen Vorteilen. Es stellt sich heraus, daß die typischen Vorteile von Mikrorelaisschaltern durch die Vervielfachung der für den ins Auge gefaßten Anwendungsbereich deutlich zu geringen Strom- und Spannungsbelastbarkeit nicht beeinträchtigt werden, vielmehr die Vorteile der Mikrorelaisschalter in diesen neuen Anwendungsbereichen zu ganz neuen Möglichkeiten führen.

Zunächst zeichnet sich die erfindungsgemäße Schalteinrichtung im Vergleich zu konventionellen elektromagnetischen Schützen durch ein außerordentlich niedriges Gewicht und sehr viel kleineres Bauvolumen aus. Darüber hinaus bietet die erfindungsgemäße Verschaltung in dem Feld aus Mikrorelaiszellen durch die nahezu beliebig formbaren Leiterbahnen zwischen den Mikrorelaiszellen eine erhebliche geometrische Flexibilität, so daß die Baugröße der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung an die verschiedensten Anforderungen angepaßt werden kann. Hierzu kann das Schaltfeld eine auf einem Chip integrierte Schaltung sein; erforderlich ist dies jedoch nicht.

Weiterhin zeichnen sich die Mikrorelaiszellen durch außerordentlich kleine Schaltleistungen aus, die auch in der Vervielfachung der Schaltleistung durch das Schaltfeld zu einer im Verhältnis zu der Strom- und Spannungsauslegung der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung sehr niedrigen Schaltleistung führen. Hierzu wird auf die Erläuterungen des Ausführungsbeispiels verwiesen.

Es wurde bereits erwähnt, daß Mikrorelaisschalter durch die bekannten Verfahren der Mikroelektronik hergestellt werden, also insbesondere durch Verfahren, die ihre Ursprünge in der Halbleitertechnologie haben. Insoweit eignen sich Mikrorelaisschalter sehr zur Integration mit anderen halbleitertechnologischen Einrichtungen, insbesondere Transistoren und integrierten Schaltungen. Dementsprechend kann auch die erfindungsgemäße Schalteinrichtung insgesamt nicht nur für sich als Schaltfeld auf einem Chip integriert sein, sondern darüber hinaus auf dem gleichen Chip weitere elektrische Einrichtungen aufweisen. Diese Integrationsmöglichkeiten verstärken noch die bereits erwähnten Vorteile des niedrigen Gewichts und des günstigen Bauvolumens der Erfindung.

Schließlich kann die Erfindung auch in der Herstellung der Schalteinrichtung zu großen Vorteilen führen, nicht nur im Hinblick auf die bereits erwähnten Integrationsmöglichkeiten. Vor allem kann die erfindungsgemäße Schalteinrichtung mit einer feststehenden Standardtechnologie und einer unveränderten Standardmikrorelaiszelle in unterschiedlichen Größen des Schaltfeldes hergestellt werden, indem lediglich beispielsweise der Maskensatz des entsprechenden Prozesses, allgemeiner gesprochen die Layoutgeometrie, angepaßt wird. Dadurch kann in einer technologisch weitgehend einheitlichen Herstellungslinie eine sehr große Breite verschiedener elektrischer Spezifikationen abgedeckt werden. Hierdurch ergeben sich natürlich erhebliche Kostenvorteile.

Ein letzter Punkt, der hier aufgezählt werden soll, ist insbesondere für den von den eingangs beschriebenen Schützen abgedeckten Bereich der Überstromabschaltung interessant, nämlich die außerordentlich schnelle Ansprechzeit der Mikrorelaisschalter. Besonders interessant ist hierbei, daß

die erfindungsgemäße Schalteinrichtung mit einem ganzen Schaltfeld solcher Mikrorelaiszellen im wesentlichen die gleiche Ansprechzeit aufweist wie die einzelne Zelle. Dieser Vorteil geht also aus der Technologie der einzelnen Mikrorelaiszelle ohne Skalierung unmittelbar in die gesamte Schalteinrichtung ein. Somit lassen sich im Vergleich zu konventionellen Schützen mit den durch die Trägheit der bewegten Massen erheblich beschränkteren Möglichkeiten außerordentlich schnell ansprechende Schutzschalteinrichtungen realisieren. Auch hier wird auf das im Folgenden noch beschriebene Ausführungsbeispiel verwiesen.

Bevorzugt sind bei der Erfindung elektrostatisch betätigte Mikrorelaiszellen, d. h. solche, bei denen das bewegliche Kontaktstück elektrostatisch betätigt wird. Hierzu wird auf das Ausführungsbeispiel verwiesen und auf ein von Siemens publiziertes Si-Mikrorelais (H. F. Schlaak, F. Arndt, J. Schimkat, M. Hanke, Proc. Micro System Technology 96, 1996, Seiten 463-468). Es wird weiterhin verwiesen auf R. Allen: "Simplified Process is Used to Make Micromachined FET-like Four-Terminal Microswitches and Microrelays" in Electronic Design, 8 July, 1996, Seite 31 sowie auf "Micro-mechanic Membrane Switches on Silicon" von K. E. Petersen, IBM J. RES. DEVELOP., Band 23, Nr. 4, Juli 1979, Seiten 376-385. Der Offenbarungsgehalt dieser und der im Folgenden zitierten Quellen ist in dieser Anmeldung mitinbegriffen.

In der Erfindung sind jedoch auch andere Mikrorelaiszellen inbegriffen, etwa elektromagnetisch betätigte, bei denen im allgemeinen planare Spiralspulen mit ferromagnetischen beweglichen Kontaktstücken verwendet werden. Möglich sind auch piezoelektrische Mikrorelais, die jedoch relativ hohe Ansteuerspannungen benötigen.

Hinsichtlich der bereits angesprochenen Integrationsmöglichkeiten der erfindungsgemäßen Mikrorelaisschaltung mit weiteren elektronischen Komponenten auf einem Chip kommt primär ein Stromsensor zum Überstromschutz in Betracht. Dieser Stromsensor überwacht den durch die Schalteinrichtung im leitenden Zustand fließenden Strom und löst ab einem bestimmten Stromschwellenwert den Öffnungsvorgang der Schalteinrichtung aus. In Frage kommt dabei insbesondere ein Hallsensor, der ebenfalls auf einem Chip, etwa einem Silizium- oder einem anderen Halbleiterchip integriert werden kann. Aber auch andere Substrate können zur Integration dienen. Zu einer möglichen Technologie für einen integrierten Hall-Stromsensor wird verwiesen auf "Cylindrical Hall Device" von H. Blanchard, L. Chiesi, R. Racz und R. S. Popovic, Proceedings IEDM 96, Seiten 541-544, IEEE 1996.

Eine technologisch einfache Lösung ist dabei, den Stromsensor außerhalb des Schaltfeldes selbst bzw. an dessen Rand anzuordnen, um das Schaltfeld möglichst kompakt und einheitlich gestalten zu können. Daher ist es bevorzugt, den Stromsensor vor der ersten oder hinter der letzten Stufe der Mikrorelaisschaltung vorzusehen.

Eine Kombination mit einem Stromsensor, insbesondere einem Hallsensor, ist jedoch auch unabhängig von einer integrierten Lösung erfindungsgemäß bevorzugt. Es kann sogar von Vorteil sein, auf eine vollständige Integration zu verzichten. Dann kann beispielsweise eine stärker standardisierte Schalteinrichtung mit einem Schaltfeld aus Mikrorelaiszellen in großen Stückzahlen produziert werden und je nach Anwendungsfall mit unterschiedlich ausgelegten Hallsensoren auf jeweilige Ansprechwerte festgelegt werden. Hier würde eine Integration mit einem spezifischen Hallsensor die Stückzahlen einer einheitlichen Produktion deutlich reduzieren.

Ähnliche Aussagen gelten auch für eine elektronische Ansprechüberwachungseinrichtung, die ebenfalls mit dem

Schaltfeld auf einem Chip integriert sein kann oder als von dem Schaltfeld separates Teil der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung kombiniert sein kann. Eine solche Ansprechüberwachungseinrichtung registriert das Ansprechen der elektrischen Schalteinrichtung, insbesondere wenn diese als Überstromschutzschalteinrichtung verwendet wird. Dadurch kann die Schalteinrichtung nach einem Ansprechen für eine gewisse Zeit gesperrt werden, bevor sie anderweitig wieder eingeschaltet werden kann. Ebenfalls ist es möglich, nach einem Ansprechen einen definierten Test vorzunehmen, bei dem die Schalteinrichtung kurz in den leitenden Zustand gesetzt wird, um zu prüfen, ob der Überstromzustand noch vorliegt und somit ein automatisches Wiedereinschalten nach einer vorübergehenden Stromspitze zu ermöglichen. Mit dieser Ansprechüberwachungseinrichtung kann ferner eine Einrichtung zum Ansteuern und Auswerten eines Stromsensors oder eine Schnittstelle zu einer äußeren Steuereinrichtung der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung verknüpft sein.

Eine dritte Möglichkeit für eine Kombination mit einer Zusatzschaltung betrifft eine Zeitgeberschaltung, die beispielsweise die Verwendung der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung als Zeitschaltautomat bei Beleuchtungsanwendungen (Treppenhäuser) erlaubt. Auch hier kann die Zeitgeberschaltung auf einem Chip oder einem Substrat mit integriert sein oder auch als separates Teil kombiniert werden, um eine größere Flexibilität bei hohen Produktionsstückzahlen zu erlauben.

Im Folgenden wird ein typisches Ausführungsbeispiel für die Erfindung anhand der Figuren illustriert. Die dabei offenbarten Merkmale können auch in anderen Kombinationen erfindungswesentliche sein.

Fig. 1 zeigt ein schematisiertes Schaltungsdiagramm des Schaltfeldes der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung, und

Fig. 2 zeigt die Schalteinrichtung mit dem Schaltfeld und, auf demselben Chip integriert, einem Hallsensor und eine Ansprechüberwachungseinrichtung.

Fig. 1 zeigt ein Schaltfeld 1 aus 17 seriell geschalteten Stufen 2 mit jeweils 45 parallel geschalteten Mikrorelaiszellen 3. Jede Mikrorelaiszelle 3 entspricht technologisch dem bereits erwähnten Siemens-Siliziummikrorelais und ist mit jeweils einer Mikrorelaiszelle 3 der vorhergehenden und einer der nachfolgenden Stufe 2 elektrisch verbunden. Bei der letzten und bei der ersten der Stufen 2 sind die Anschlüsse zu jeweils der äußeren Seite zusammengeführt und an einen gemeinsamen Anschluß des Schaltfeldes 1 gelegt.

Man erkennt weiterhin in einer stark schematisierten Darstellung ein bewegliches Kontaktstück 4, das hier einem elektrostatisch verbiegbaren bzw. auslenkbaren Balken entspricht. Wesentlich bei der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung ist, daß all diese bewegbaren Kontaktstücke 4 synchron arbeiten, d. h. von einem einzigen gemeinsamen Signal geöffnet und geschlossen werden, insoweit wie Teile eines gemeinsam aufgebauten einheitlichen Schalters wirken.

Jede einzelne Mikrorelaiszelle 3 kann eine Spannung von etwa 24 V unterbrechen, so daß sich für das Schaltfeld 1 eine abschaltbare Spannung von 400 V ergibt. Dies ist ein für viele Anwendungen günstiger Wert, bevorzugt sind insbesondere Werte über 200 bzw. 300 V.

Der schaltbare Laststrom für jede Mikrorelaiszelle 3 beträgt etwa 200 mA und ergibt damit einen Gesamtstrom von 9 A für das Schaltfeld 1.

Diese Werte sind so gewählt, daß sie sich direkt mit einem konventionellen Standardschütz (z. B. A9-Schütz (ABB Control, Frankreich)) vergleichen lassen. Dieses elektromagnetische Standardrelais mit 400 V trennbarer Spannung und 9 A schaltbarem Laststrom verbraucht eine Aktivie-

rungsleistung von 2 W. Demgegenüber ergibt sich für das gesamte Schaltfeld 1 der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung eine Aktivierungsleistung von nur 5 mW, die um mehr als einen Faktor 500 kleiner ist. Bei der gegenwärtigen Technologie liegen die Verlustleistungen im leitenden Zustand bei dem konventionellen Relais noch etwas niedriger (0,1 W) als für das erfindungsgemäße Schaltfeld 1 mit 0,6–6 W. Dieser Wert läßt sich jedoch durch eine weitere Verbesserung der Kontakte und eventuell durch eine Erhöhung der Schließkraft der Mikrorelais wesentlich senken. Insbesondere in Anbetracht der außerordentlich niedrigen Aktivierungsleistung besteht bei der Schließkraft erkennbar Spielraum.

Beim Vergleich dieser Werte ist zu beachten, daß konventionelle Schütze leistungslos ausgeschaltet sind, d. h. im eingeschalteten Zustand die genannte Aktivierungsleistung verbrauchen. Daher verbraucht beispielsweise das Schütz A9 im eingeschalteten Zustand etwa 2,1 W und somit ein Vielfaches des mit der Erfindung erzielbaren Wertes.

Fig. 2 zeigt einen der erfindungsgemäßen Schalteinrichtung entsprechenden Si-Chip 6 mit dem bereits anhand Fig. 1 beschriebenen Schaltfeld 1. Zusätzlich ist unterhalb einer äußersten (in der Figur untersten) Stufe 2 des Schaltfeldes 1 ein Hallsensor 5 vorgesehen. Es handelt sich dabei um einen auf dem Si-Chip 6 integrierten Hallsensor in einer für radiale Magnetfelder, wie sie bei linienförmigen Stromleitern auftreten, geeigneten Konfiguration. Hierzu wird verwiesen auf die bereits zitierte Veröffentlichung "Cylindrical Hall Device".

Über eine Anschlußleitung wird dieser Hallsensor 5 gesteuert von einer Steuereinrichtung 7, die das Ausgangssignal des Hallsensors 5 auswertet und an den Hallsensor 5 den entsprechenden Strom anlegt. Diese Steuereinrichtung 7 steuert weiterhin das Schaltfeld 1, d. h. schaltet zwischen dem leitenden und offenen Zustand des Schaltfeldes 1 um. Dabei werden alle beweglichen Kontaktstücke 4 der einzelnen Mikrorelaiszellen 3 gleichzeitig geöffnet bzw. gleichzeitig geschlossen.

Diese Steuereinrichtung 7 kann ferner bei Bedarf eine Zeitgeberschaltung 8 enthalten, die hier nicht gesondert eingezeichnet ist.

Insgesamt läßt sich durch die Erfindung auf dem Siliziumchip 6 die Funktion eines konventionellen Schützes mit Ansteuerelektronik und Stromsensor verwirklichen. Dabei ergibt sich ein Bauvolumen von größenordnungsmäßig (30 × 50 × 1) mm<sup>3</sup> bei einem Gewicht von etwa 10 g gegenüber vergleichbaren Werten bei dem bereits erwähnten konventionellen elektromagnetischen Schütz A9 von (44 × 74 × 74) mm<sup>3</sup> und 340 g.

Stromsensor (5) zum Überstromschutz kombiniert ist.  
6. Schalteinrichtung nach Anspruch 5, bei der der Stromsensor (5) mit der Mikrorelaisschaltung (1) auf einem Chip (6) integriert ist.

7. Schalteinrichtung nach Anspruch 5 oder 6, bei der der Stromsensor ein Hallsensor (5) ist.

8. Schalteinrichtung nach Anspruch 7, bei der der Hallsensor (5) vor der ersten oder hinter der letzten Stufe (2) der Mikrorelaisschaltung (1) angeordnet ist.

9. Schalteinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der mit der Mikrorelaisschaltung (1) eine elektronische Ansprechüberwachungseinrichtung (7) kombiniert ist.

10. Schalteinrichtung nach Anspruch 9, bei der die elektronische Ansprechüberwachungseinrichtung (7) mit der Mikrorelaisschaltung (1) auf einem Chip (6) integriert ist.

11. Schalteinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der mit der Mikrorelaisschaltung (1) eine Zeitgeberschaltung (8) kombiniert ist.

12. Schalteinrichtung nach Anspruch 11, bei der die Zeitgeberschaltung (8) mit der Mikrorelaisschaltung (1) auf einem Chip (6) integriert ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Elektrische Schalteinrichtung mit einer als spannungsteilende Serienschaltung wirkenden Stufenschaltung (1) von in jeder Stufe (2) stromteilend wirkenden Parallelschaltungen von Mikrorelaiszellen (3).

2. Schalteinrichtung nach Anspruch 2, ausgelegt für Leistungsanwendungen mit einer Strombelastbarkeit von zumindest 1 A.

3. Schalteinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, ausgelegt für Leistungsanwendungen mit einer Spannungsbelastbarkeit von zumindest 100 V.

4. Schalteinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der die Mikrorelaiszellen (3) jeweils in elektrostatischer Weise mechanisch bewegte Kontaktstücke (4) aufweisen.

5. Schalteinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der mit der Mikrorelaisschaltung (1) ein

- Leerseite -

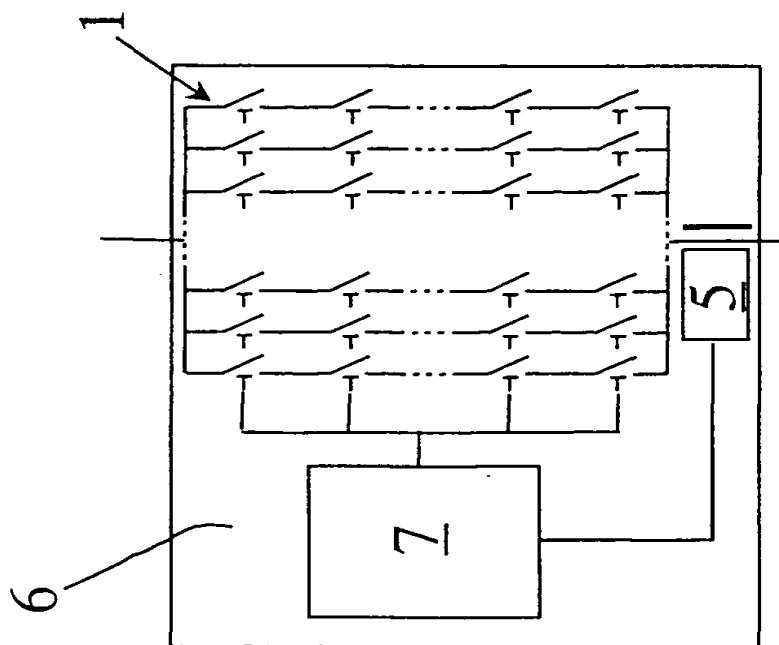


Fig. 2

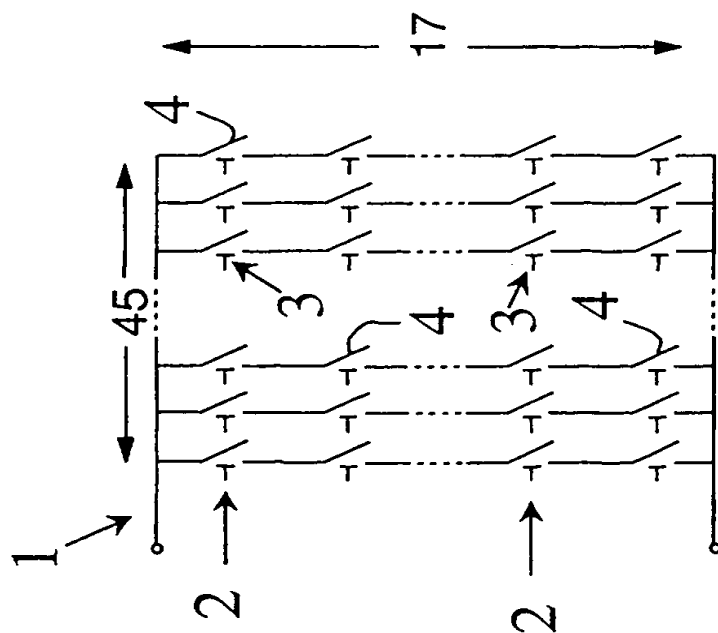


Fig. 1